

Mikko Törvi

# **Kapularäystäs**

Opinnäytetyö

Syksy 2015

SeAMK

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## **Opinnäytetyön tiivistelmä**

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Mikko Törvi

Työn nimi: Kapularäystä

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 52

Liitteiden lukumäärä:

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää hyviä tapoja, miten voidaan toteuttaa ulokkeellinen räystä kapuloimalla hallityyppiseen rakennukseen. Työssä pyrittiin huomioimaan, miten liittyvät rakennusosat pystytään luotettavasti yhdistämään toisiinsa räystäsrakenteessa. Painopisteenä oli tarkastella asioita työmaan kannalta.

Työssä tehtiin käytännön kokeiluja erilaisilla rakenneratkaisuilla. Rakennetta pyrittiin kehittämään yksinkertaisemmaksi ja luotettavammaksi.

Opinnäytetyön lopputuloksena pystyttiin esittämään hyviä ratkaisuja kapularäystäsrakenteen toteuttamiseksi.

Avainsanat: vesikatto, räystä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Mikko Törvi

Title of thesis: Eaves in wool roofs

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2015                      Number of pages: 52      Number of appendices:

---

The aim of the thesis was to clarify good ways, how to build eaves structures. There is a wool roof in the building to be examined. The eaves' construction was timber frames. The objective was to find out how different components could be joined reliably in eave structures. The area of focus was studying things from the point of view of the site.

In the thesis experiments were made with different eave structures. An attempt was made to develop the structure simpler and more reliable.

The result of the thesis shows good solutions on how to build eaves structures.

Keywords: roof, eaves

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Taustat opinnäytetyön tekemiselle.....	8
1.2 Rajaukset.....	9
2 VESIKATTORAKENTEET YLEENSÄ .....	10
2.1 Vesikattorakenne yleensä.....	10
2.2 Kattoja koskevat määräykset ja ohjeet.....	10
2.3 Yläpohjarakenteet .....	11
2.3.1 Ilman- ja höyrynsulku .....	11
2.3.2 Yläpohjan tuuletus .....	14
2.3.3 Kantava rakenne.....	17
2.4 Höyrynsulun asennus .....	18
2.4.1 Höyrynsulun saumaus .....	19
2.4.2 Seinän ja yläpohjan liitos .....	20
2.5 Höyrynsulkutuotteet .....	21
2.6 Vedeneristyksen alusta, lämmöneristelevy .....	25
2.7 Kateratkaisut .....	26
2.8 Räystäs .....	26
3 KAPULARÄYSTÄS .....	27
3.1 Käyttökohteet.....	27
3.2 Kuvaus räystään toiminnasta sekä rakenteesta yleensä .....	28
3.3 Räystään kantavuus .....	29
3.4 Räystäsrakenteen lämmöneristävyys .....	29
3.5 Ilman- ja höyrynsulku .....	32
3.6 Tuuletus .....	34
3.7 Veden esteetön virtaus ja poisjohtaminen .....	34

3.8 Rakenteen yksinkertainen ja suoralinjainen muoto .....	34
<b>4 KÄYTÄNNÖN KOKEILUT .....</b>	<b>37</b>
4.1 Suunnittelu .....	37
4.2 Käytettävät materiaalit .....	37
4.3 Alkuvalmistelut .....	39
4.4 Käytännön työ .....	40
4.4.1 Perusratkaisu .....	40
4.4.2 Kehitysversio 1 .....	43
4.4.3 Kehitysversio 2 .....	46
4.4.4 Kehitysversio 3 .....	47
4.4.5 Vertailurakenne .....	48
4.5 Suositeltavat rakenneratkaisut .....	49
4.5.1 Räystäspukki .....	49
4.5.2 Seinäläpivienti .....	50
4.5.3 Höyrynsulku .....	50
4.5.4 Lämmöneristys .....	50
4.5.5 Vedeneristys ja kiinnitys .....	51
<b>5 YHTEENVETO .....</b>	<b>52</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>53</b>

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Ristikkorakenteinen yläpohja. 17

Kuva 2. Tyypillinen kohde jossa on käytetty kapularäystäitä. 27

Kuva 3. Kapuloinnin aiheuttama kylmäsilta. 30

Kuva 4. Kiinnikkeen ruuvi lävistää muovisen höyrynsulkukalvon. 32

Kuva 5. Muovikalvossa oleva reikä venyy ruuvien ympärillä. 33

Kuva 6. Loveukset lisäävät lämpövuotojen riskiä. 35

Kuva 7. Höyrynsulun liittäminen pukkiiin on mahdotonta, jos pukki on asennettu paikoilleen. 35

Kuva 8. Pukkien tulisi olla mahdollisimman suoralinjaisia. 36

Kuva 9. Räystäspukki asennettuna. 40

Kuva 10. Lämmöneristekerros on korkeammalla kuin räystäs. 42

Kuva 11. Seinän läpimenokohta on eristetty villasoiroilla. 44

Kuva 12. Seinän liittymässä on rullavillakaista ja pukkien väli on villattu. 45

Kuva 13. Reunaura on täytetty pehmoisella villalla. 46

Kuva 14. Höyrynsulkukalvo on kiinnitetty L-listalla. 48

Kuva 15. BH1- luokan höyrynsulkukermi asennettuna ja kiinnitetty mekaanisesti seinään. 49

Kuvio 1. Lämpötilan aiheuttama paine-ero rakennuksessa Toimivat Katot 2013, 10)..... 13

Kuvio 2. Kosteuslisän luokitusasteikko ulkolämpötilan funktiona (Toimivat Katot 2013,11).....	14
Kuvio 3. Periaatekuva hyvin tuulettuvasta yläpohjarakenteesta (Toimivat Katot 2013, 12).....	15
Kuvio 4. Villakaton tuuletuksen periaate. ....	16
Kuvio 5. Yläpohjan ja seinärakenteen liitos (Toimivat Katot 2013, 53).....	21
Kuvio 6. Räystäspukki.....	30
Kuvio 7. Seinä- ja kattovillan tuuletusuritus yhdistetään. ....	31
Kuvio 8. Eristelevyjen paksuus suhteessa räystäspukkiin. ....	39
Kuvio 9. Perusratkaisun rakennekuva.....	43
 Taulukko 1. Sisäilman kosteuslisän mitoitusarvot rakennusten eri kosteusluokissa (Toimivat Katot 2013,11).....	13
Taulukko 2. Hyvin tuuletetun katon ohjeellinen minimi tuuletusväli (Toimivat Katot 2013, 12).....	15
Taulukko 3. Höyrynsulkujen käyttöluokitus (Toimivat Katot 2013, 19). ....	23
Taulukko 4. Höyrynsulkumateriaalien tuoteluokitukset (Toimivat Katot 2013, 20).24	
Taulukko 5 Lämmöneristeiden rasitusluokat (Toimivat katot 2013, 24). ....	26

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Loiva katto</b>	Katon kaltevuus on enintään 1:10
<b>Jyrkkä katto</b>	Katon kaltevuus on yli 1:10
<b>Katto</b>	Rakennuksen ylin osa joka erottaa ulkoilman sisäilmasta
<b>Yläpohja</b>	Ylimmän huonetilan ja ulkoilman välisten rakenneosien muodostama kokonaisuus
<b>Kapularäystä</b>	Kapularäystä on rakenne, jossa ulkoneva räystääs kannatetaan yläpohjan kantavasta rakenteesta, esimerkiksi kantava teräspoimulevy. Kannakointi tapahtuu yleensä puurakenteista pukkia käyttäen.

### Kantava teräspoimulevy

Muotoon prässätty ohutlevy, joka edullisen poikkileikkausprofiiliinsa vuoksi omaa hyvän kuormien kannattelukyvyn.

<b>Kermi</b>	Kermi koostuu tukikerroksesta, sen molemmin puolin olevasta vedeneristysmassasta, kermin pinnoituksista ja mahdollisesta kiinnitysbitumista kermin käyttötarkoituksen mukaisesti.
--------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustat opinnäytetyön tekemiselle

Tämä opinnäytetyö tehdään MH-Kate Oy:n käyttöön. Yritys on perustettu vuonna 1993. Opinnäytetyön tekijä työskentelee MH-Kate Oy:n toimitusjohtajana. Yrityksen toimialue ulottuu pohjoiselta Pirkanmaalta Pohjois-Pohjanmaan eteläosiin saakka. Yrityksen toimialana on vesikateurakointi. Yritys on keskittynyt lähes täysin vesikatteisiin, joissa vedeneristysmateriaalina käytetään kumibitumikermejä. Jonkin verran kohteita tehdään myös PVC-kermillä. Vesikattojen lisäksi tehdään myös muita vedeneristyksiä, esimerkiksi sokkelien kosteuseristystä, kellarin seinien vedenpaine-eristystä sekä erilaisia siltojen ja liikennöityjen kansirakenteiden vedeneristystä. MH-Kate Oy työllistää kolme toimihenkilöä, sekä 15-20 bitumieristäjää.

Tutkintotyön aiheen haluttiin liittyvän vedeneristykseen sekä olevan sellaisen, josta olisi mahdollisimman paljon hyötyä yritystoiminnalle tulevaisuudessa. Vaihtoehtoisia aiheita oli useita. Päädyttiin kuitenkin valitsemaan tutkintotyön aiheeksi niin sanotut kapularäystäät. Vesikate urakoinnissa törmää usein tilanteeseen, jolloin villakattoiseen, hallityyppiseen rakennukseen tulisi toteuttaa ulkonevat räystäät. Räystäiden toteutuksessa on monia tapoja. Räystäsrakenteen kanssa saattaa kuitenkin työmaalla ilmetä hankaluuksia, ellei rakennetta ja toimitusrajoja ole mietitty loppuun saakka. Tarkoituksena on tässä tutkimuksessa keskittyä lähinnä seikkoihin, jotka vaikuttavat rakenteen toteutettavuuteen työmaolosuhteissa. Eli miten rakenne voidaan toteuttaa siten, että työn tekeminen on mahdollisimman taloudellista materiaalin ja ajankäytön suhteen, kuitenkin unohtamatta rakenteen teknistä toimivuutta.

Tämän työn pohjalta on tarkoitus laatia lyhyt kirjallinen ohje kapularäystään rakennusteknisten töiden tekemisestä. Tämä ohje voidaan tulevaisuudessa lähettää työmaan vastaavalle mestarille ennen vesikaton lämmön ja vedeneristystöiden aloittamista. Ohje toimii muistilistana asioista, joita työmaan täytyy huomioida räystäsrakennetta tehtäessä. Erillistä ohjetta ei liitetä tähän opinnäytetyöhön, vaan se jää ainoastaan MH-Kate Oy:n käyttöön.

## 1.2 Rajaukset

Koska tämän työn tarkoitus on kartoittaa seikkoja, jotka nopeuttavat ja helpottavat asennusta sekä parantavat työn laatua, on joidenkin asioiden käsittelyä rajattu tästä työstä pois. Rakenteen kantavuuden mitoittamiseen ei oteta tässä tutkimuksessa kantaa, koska rakenteiden mitoitus on kohteen rakennesuunnittelijan vastuulla. Toisaalta rakenteiden mitoitus ei ole myöskään ollut koulutusohjelman painopistealue. Aihetta sivutaan yleisellä tasolla, jotta se herättäisi kuitenkin hieman miettimään rakennetta myös sen kestävyyskannalta.

Rakennusfysikaalisia laskelmia ei oteta tähän tutkimukseen mukaan. Lämpövirta ja kosteuden kulkeutuminen rakenteissa ovat kuitenkin tämän työn kulmakiviä. Näitä seikkoja tarkastellaan enemmän yleisellä tasolla ja työmaan kannalta kuin teoreettisin laskelmin.

## **2 VESIKATTORAKENTEET YLEENSÄ**

### **2.1 Vesikattorakenne yleensä**

Rakennuksen kattoa tarkasteltaessa ei tarkoiteta ainoastaan katon vedeneristystä, vaan on tarpeen tutkia yläpohjarakennetta kokonaisuutena.

Kokonaisuutena vesikatto on rakenne, joka erottaa ulkoilman ja rakennuksen ylimmän kerroksen toisistaan. Se rakentuu seuraavista osista, joiden tulee olla yhteensopivia toiminnallisesti:

- kantava rakenne
- höyrynsulku/ilmansulku
- lämmöneristys
- tuuletus
- vedeneristeen alusrakenne
- vedeneriste
- veden poisto
- läpiviennit

muut liittyvät rakenteet. (Toimivat Katot 2013, 6.)

### **2.2 Kattoja koskevat määräykset ja ohjeet**

Rakentamisen suunnittelua ja toteutusta säädellään esimerkiksi kansallisella Ympäristöministeriön julkaisemalla rakentamismääräyskokoelmalla, EU:n rakennustuotedirektiiveillä ja harmonisoiduilla tuotestandardeilla. Lisäksi rakentamista ohjataan vapaaehtoisilla suosituksilla, muun muassa Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeilla (RIL 107-2012), Toimivat Katot 2013 -ohjeella, RT-ohjekorteilla ja Runko RYL 2000:lla. Näillä suosituksilla pyritään kuvaamaan hyvää rakennustapaa, jota Suomessa noudatetaan. (Toimivat Katot 2013, 6.)

## 2.3 Yläpohjarakenteet

Yläpohjarakenne kokonaisuutena muodostuu yleensä kantavasta rakenteesta, höyrynsulusta, ilmansulusta, lämmöneristyksestä, vedeneristyksestä sekä tuule-  
tuksesta. Toimiva rakenne on mahdollista toteuttaa usealla erilaisella tavalla. Suun-  
nittelija valitsee sopivat materiaalit kohteessa käytettävään ratkaisuun. (Toimivat  
Katot 2013, 8.)

### 2.3.1 Ilman- ja höyrynsulku

Ilmansulku on materiaalikerros, jonka tehtävänä on estää ilmanvirtaus rakenteen  
läpi. Höyrynsulku on materiaalikerros, jonka tehtävänä on estää vesihöyryn pääsy  
rakenteeseen. Ilman- ja höyrynsulkumateriaalina toimii rakenteessa tyypillisesti  
sama ainekerros. Ilman- ja höyrynsulun tulee säilyä liitoksineen sekä läpivientei-  
neen ehjänä ja tiiviinä rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Toimivat Katot 2013, 8.)

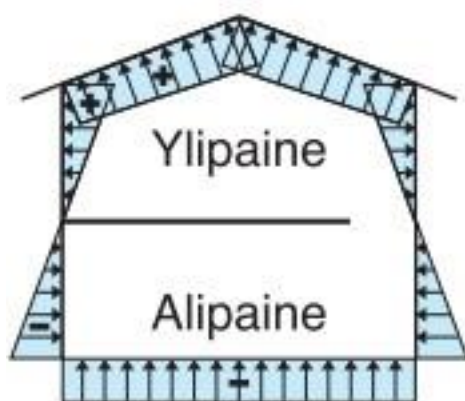
Yläpohjan ilmatiivyydelle ei ole ohjearvoa. Rakentamismääräyskokoelmassa D3  
on määritelty koko rakennuksen vaipan ilmanpitävyysvaatimus. Ilmanvuotoluku  $q_{50}$   
saa olla enintään  $4 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ . Suositeltava arvo vaipan ilmanpitävyydelle on  $1$   
 $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ . (RakMK D3,3.3.3.)

Rakennuksen sisäilma lähes poikkeuksetta sisältää enemmän kosteutta verrattuna  
ulkoilmaan. Tämä kosteuslisä syntyy asumisen ja käytön aiheuttamana. Lisäkos-  
teus pyrkii siirtymään ulkoilmaan vaipparakenteen läpi. Kosteus siirtyy kahdella eri  
tavalla. Diffuusiona siirtymistä tapahtuu ainekerrosten läpi. Konvektiona kosteutta  
siirtyy ilmavirtausten mukana ainekerrosten epäjatkuvuuskohtien kautta.

Kosteuden siirtymisestä aiheutuu ongelmia, jos rakenteessa sijaitsee tiivis raken-  
nekerros kastepisterajan kylmemmällä puolella. Kosteus tiivistyy kerroksen sisä-  
pintaan. Tiivistyvä kosteus on haitallista rakenteille. (Toimivat Katot 2013, 9.)

**Vesihöyryn diffuusio ja sisäilman kosteuslisä.** Rakennuksen käyttö ja asuminen synnyttävät lähes aina lisäkosteutta. Lisäkosteudesta aiheutuu vesihöyryn pitoisuusero sisä- ja ulkoilman suhteen. Tätä pitoisuuseroa kuvataan sisäilman kosteuslisällä. Kosteuslisä kertoo, kuinka paljon suurempi vesihöyryn pitoisuus on rakennuksen sisällä verrattuna ulkoilmaan. Kosteuslisä on suurimmillaan talvella, kun ulkoilma on kuivaa ja sen kyky sitoa kosteutta on pieni. Talvella myös lämpötilaerot ovat suurimmillaan, joten kosteus helpommin tiivistyy rakenteisiin. Kesällä kosteuslisä on pienimmillään, koska lämmin ulkoilma sisältää runsaasti kosteutta. Myös lämpötilaerot rakenteessa on pienimmillään, joten kastepistettä ei rakenteessa synny. Mikäli rakenne on oikein suunniteltu ja toteutettu, se pääsee kuivumaan kesällä. Rakenteen toimivuus tulee varmistaa käyttämällä höyrynsulkumateriaalia, jolla on riittävän suuri vesihöyryn vastus. (Toimivat Katot 2013, 9.)

**Vesihöyryn konvektio.** Vesihöyry voi siirtyä rakenteeseen myös konvektiolla, ilmavirtausten mukana. Konvektiolla kosteutta voi rakenteeseen siirtyä runsaasti jo lyhyessä ajassa. Kaikki rakenteen läpiviennit ja liitokset on saatava tehtyä ilmatiiviiksi, jotta se voisi kosteusteknisesti toimia luotettavasti. Konvektioilmavirtaukset aiheutuvat rakennuksen vaipan yli vallitsevasta paine-erosta. Paine-eroa aiheutuu lämpötilaerojen, ilmanvaihdon ja tuulen vaikutuksesta. Kuviossa 1 on esitetty lämpötilaerosta aiheutuva paine-ero rakennuksessa. Kuvasta havaitaan, että ylipaine on suurimmillaan rakennuksen yläosissa. Tämän vuoksi yläpohjan ja seinärakenteen liitokset on tehtävä huolellisesti, jotta ilmatiiveys saavutetaan. (Toimivat Katot 2013, 9.)



Kuvio 1. Lämpötilan aiheuttama paine-ero rakennuksessa Toimivat Katot 2013, 10).

Taulukko 1. Sisäilman kosteuslisän mitoitusarvot rakennusten eri kosteusluokissa (Toimivat Katot 2013,11).

Kosteusluokka	Kosteuslisän mitoitussarvo talvella ( $T \leq 5\text{ °C}$ )	Rakennustyyppi <sup>3), 4)</sup>
1	$> 5\text{ g/m}^3$ <sup>1)</sup>	Kylpylät, uimahallit, laitoskeittiöt, pesulat, panimot, kirjapainot, kasvihuoneet, kostutetut tilat, ratsastusmaneesit, maatalouden tuotantorakennukset, eläinsuojat, teollisuuden kosteusrasitetut tilat
2	$5\text{ g/m}^3$	Asuinrakennukset, toimisto- ja liikerakennukset, majoitusliikerakennukset, ravintolat, kokoontumis- ja juhlatilat, opetusrakennukset ja päiväkodit, sairaalat ja hoitolaitokset, museot, liikuntahallit ja -tilat, jäähallit ja jäädytetyt liikuntatilat <sup>5), 6)</sup> , kylmä- ja pakkahuoneet <sup>5), 6)</sup> , talviasuttavat vapaa-ajan asunnot
3	$3\text{ g/m}^3$ <sup>2)</sup>	vapaa-ajan asunnot, puolilämpimät tai kylmillään olevat rakennukset, varastot ja säilytystilat, ajoneuvosuojat, tekniset tilat, väliaikaiset ja siirrettävät rakennukset

<sup>1)</sup> Kosteusluokan 1 rakennuskohteissa sisäilman kosteuslisä ja lämpötila on aina arvioitava kohdekohtaisesti. Kosteuslisä voi olla rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen 5–20 g/m<sup>3</sup>.

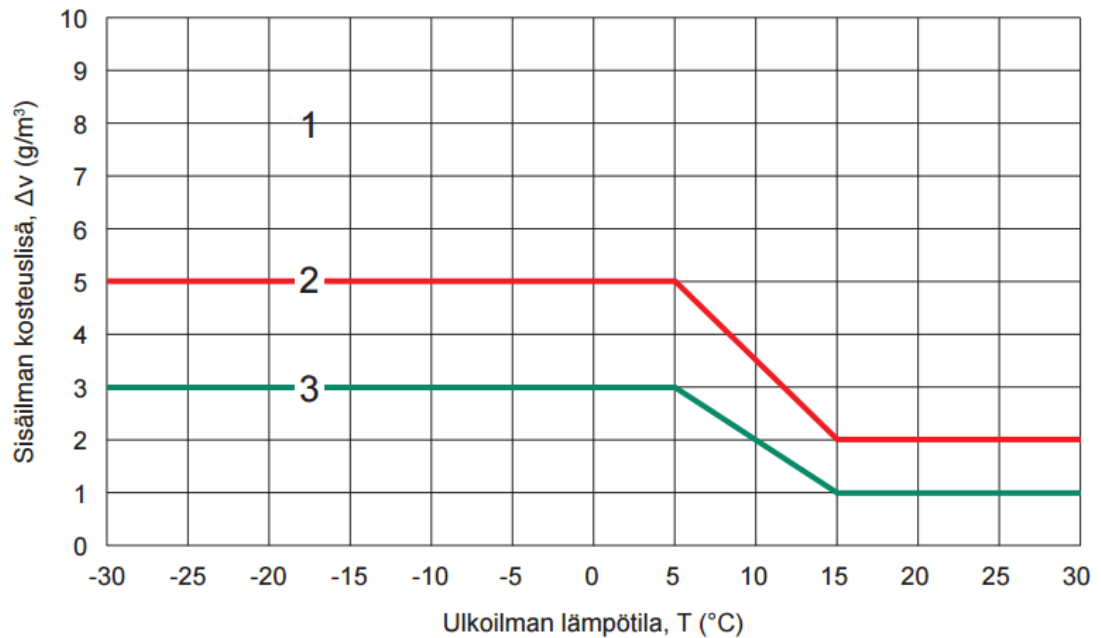
<sup>2)</sup> Kosteusluokan 3 rakennuskohteissa kosteustekninen mitoitus tehdään käyttäen talvella kosteuslisän arvoa 3 g/m<sup>3</sup>, ellei voida luotettavasti osoittaa, että pienempikin kosteuslisä riittää tarkasteltavassa kohteessa.

<sup>3)</sup> Eri rakennustyyppeihin kuuluvia rakennuksia on lueteltu tarkemmin RakMK D3:ssa.

<sup>4)</sup> Rakennusta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon, että rakennuksen käyttötarkoitusta saatetaan joskus myöhemmin muuttaa, jolloin myös sen kosteusluokka voi muuttua.

<sup>5)</sup> Jäädytettujen tilojen kosteusluokkaa valittaessa on otettava huomioon, että sisäilman kosteuslisä voi nousta suureksi sisätilan mahdollisten lämpötilamuutosten yhteydessä. Jäähallit ja muut jäädytetyt liikuntatilat, joiden lämpötila nostetaan ajoittain korkeaksi ja joita käytetään ajoittain kosteusluokan 1 mukaisissa tarkoituksissa, kuuluvat kosteusluokkaan 1.

Kosteuslisän mitoitusarvoina käytetään kuvion 2 ja taulukon 1 mukaisia arvoja kosteuslisän osalta erityyppisissä rakennuksissa. Taulukon 1 arvoja käytetään rakennusten höyrynsulkumateriaalien käyttö- luokituksen perusteena. (Toimivat Katot 2013, 10.)



Kuvio 2. Kosteuslisän luokitusasteikko ulkolämpötilan funktiona (Toimivat Katot 2013,11).

### 2.3.2 Yläpohjan tuuletus

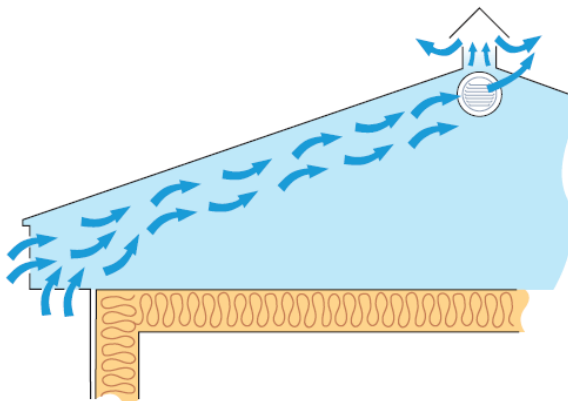
Yläpohjat voidaan jakaa hyvin tai heikosti tuulettuviksi. Jyrkät katot, joiden kaltevuus on yli 1:10, rakennetaan tyypillisesti hyvin tuulettuviksi. Kriteerit hyvin tuulettuvalle katolle on esitetty taulukossa 2. Taulukossa on esitetty myös tuuletusaukojen minimipinta-alalle ohjearvot. Katto, jonka rakenteessa on puuta tai muuta kosteudelle arkaa materiaalia vedeneristysten alustana, tulee aina rakentaa hyvin tuulettuvana. Laajarunkoiset rakennukset toteutetaan usein heikosti tuulettuvina. Tällaisissa katoissa on yleensä kallistukset melko loivia. Vedeneristys asennetaan usein suoraan lämmöneristekerroksen päälle. Tuuletus toteutetaan lämmöneristyskerroksen yläpinnassa olevan urituksen avulla. Tuuletusilmavirta ohjataan räystään tuuletusraon kautta uritukseen ja johdetaan harjalla olevan kokoojauran yhdistämien alipainetuulettimien kautta ulkoilmaan. Heikosti tuulettuvassa rakenteessa tiivis ilmansulkukerros on ensiarvoisen tärkeää, koska kosteuden poistuulettuminen ei ole kovin tehokasta. (Toimivat katot 2013, 12.)

Taulukko 2. Hyvin tuuletetun katon ohjeellinen minimi tuuletusväli (Toimivat Katot 2013, 12).

Kattokaltevuus	min. tuuletusväli <sup>1)</sup>	ilmanottoaukot promillea/ katto-m <sup>2</sup>	poistoaukot promillea/ katto-m <sup>2</sup>
1:40 tai loivempi	300 mm	2,5	2,5
1:40–1:10	200 mm	2,5	2,5
1:10 tai jyrkempi	100 mm	2,0	2,0

<sup>1)</sup> Minimituuletusväli ottaen huomioon lämmöneristeen muodonmuutokset ja työtoleranssit. Pienillä katoilla tai katon osilla tuuletusväli voi olla pienempi kuin taulukon arvo, mikäli poisto- ja korvausilma-aukoilla on riittävä korkeusero (vähintään 500 mm) ja ilman virtausmatka tuuletusvälissä on lyhyt (alle 3 m). Tällöinkin tuuletusvälin täytyy olla jyrkissä katoissa 1:20 tai jyrkempi, vähintään 50 mm, ja loivissa katoissa loivempi kuin 1:20, vähintään 100 mm.

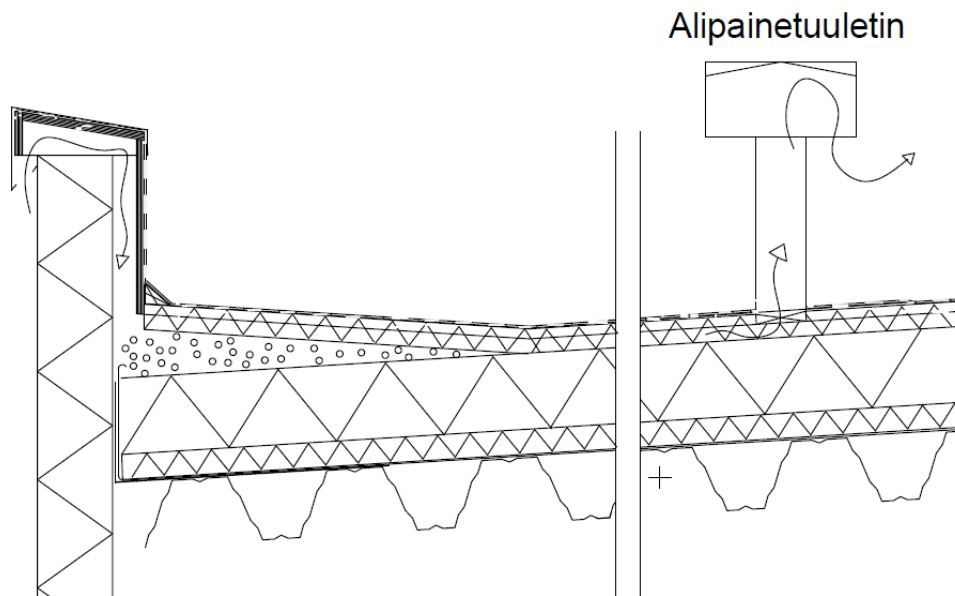
**Hyvin tuulettuvat rakenteet.** Rakenteessa on korkea tuuletustila lämmöneristeen ja vesikatteen välissä. Rakenteen kosteudenpoistokyky on hyvä. Kylmissä oloissa rakenteisiin kondensoituva vesi tuulettuu lämpötilan noustessa. Höyrinsulun diffuusiovastus voi olla alhaisempi kuin heikosti tuulettuvilla rakenteilla. Ilmavuotoja ei sallita, koska siitä saattaa aiheutua paikallista kosteuskertymää.



Kuvio 3. Periaatekuva hyvin tuulettuvasta yläpohjarakenteesta (Toimivat Katot 2013, 12).



Paine-eroon perustuva luonnollinen ilmanvaihto saadaan toteutettua, kun korvaus- ilma-aukot sijoitetaan räystäälle mahdollisimman alas. Poistoilma-aukot sijoitetaan vastaavasti mahdollisimman ylös. (Toimivat Katot 2013, 12.)



Kuvio 4. Villakaton tuuletuksen periaate.

**Heikosti tuulettuvat rakenteet.** Yläpohjarakenteet, joissa välittömästi lämmöneristekerroksen päälle on asennettu kermieristys, kutsutaan heikosti tuulettuviksi. Lämmöneristeen ja vedeneristyksen välissä ei ole varsinaista tuuletusväliä lainkaan. Lämmöneristelevyjen urituksella pyritään varmistamaan rakenteen kuivumismahdollisuus. Koska ilman virtausnopeus ja ilmamäärä ovat melko pieniä, tuuletuksen kyky poistaa kosteutta on hyvin rajallinen. Tästä syystä jo pienetkin vuodot vedeneristyksessä aiheuttavat paikallista kosteuskertymää rakenteeseen. Höyrynsulkumateriaalille asetetaan myös suuret vaatimukset. Materiaalin diffuusiovastus ja kestävyys mekaanisia rasituksia vastaan on oltava riittävä. Myös liitoskohtien ja läpivientien tiiviyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kuviossa 4 on esitetty periaate villakaton tuuleduksesta. (Toimivat Katot 2013, 13.)

### 2.3.3 Kantava rakenne

Yläpohjarakenteet jaetaan kantavan rakenteen mukaan kahteen päätyyppiin:

- ristikkorakenteiset yläpohjat, höyrynsululla ei ole yleensä kiinteää alustaa
- loivat rakenteet, höyrynsulku on asennettu tyypillisesti kiinteälle alustalle.

(Toimivat Katot 2013, 14.)

**Ristikkorakenne.** Ristikkorakenne voi olla puu tai teräsrakenteinen.



Kuva 1. Ristikkorakenteinen yläpohja.

Puurakenteisessa ristikossa alapaarre on lämpimällä puolella ja yläpaarre kylmällä puolella. Puuristikkorakenteessa lämmöneristeet asennetaan alapaarteiden väliin ja päälle. Puuristikkorakenteessa höyrynsulku joudutaan asentamaan alaparteen alapuolelle roikkuvaksi. Höyrynsulkukalvo kiinnitetään mieluiten puristusliitoksella rimojen väliin. Asennustapa aiheuttaa suuren vaurioitumisriskin ohuelle kalvomaiselle tuotteelle. Myös läpivientien tiivistys on usein hankalaa, koska kiinteä alusta puuttuu. Kuvassa 1 on tyypillinen puuristikko.

Teräsristikkorakenteessa yläpohjarakenne tehdään yleensä ristikon yläpaarten yläpuolelle, esimerkiksi kantavan teräspoimulevyn päälle. Ratkaisut ovat vastaavat kuin loivissa rakenteissa. (Toimivat Katot 2013, 14.)

**Betonirakenteinen yläpohja.** Betoniyläpohja on joko paikalla valettu tai elementtirakenteinen. Tyypillisimmin käytetyt elementit ovat TT- tai ontelolaattoja. Betonirakenteen vesihöyrynvastus on hyvä. Elementtien saumat ja liitokset muihin rakenteisiin ovat kuitenkin kohtia, jotka vaativat erillisen höyrynsulun asentamista. Betoni on tukeva alusta höyrynsulkumateriaalille. Kuitenkin alustan epätasaisuudet ja elementtien hammastukset tulee tasata ja poistaa ennen höyrynsulkukalvon asentamista. Betonialustalla bitumipohjainen höyrynsulku on luotettavampi kuin muovipohjaiset kalvot. Paksu bitumikermi kestää paremmin työnaikaisia rasituksia karkealla alustalla. Höyrynsulun liitos seinärakenteeseen tulee aina suunnitella tapauskohtaisesti. (Toimivat Katot 2013, 15.)

**Profiilipeltirakenteinen yläpohja.** Profiilipelti on alustana epätasainen ja vaatii aina tasaisen ja riittävän lujan rakennekerroksen höyrynsulun alustaksi. Suositeltava on käyttää riittävän lujaa rakennuslevyä, joka kiinnitetään suunnittelijan ohjeiden mukaan. Kiinnityksessä on huomioitava myös tuulikuormat. Rakennuslevyn päälle asennetaan höyrynsulku ja lämmöneristeet, jotka kiinnitetään mekaanisesti rakennuslevyyn. Höyrynsulun alustana voidaan käyttää myös riittävän kovaa mineraalivilla levyä. Villan paksuus on 30-50 mm. Asennuksessa on huomioitava höyrynsulun sijainti mahdollisimman lähellä rakenteen lämmintä puolta. Lämmöneristeitä kiinnitettäessä on varmistettava, että kiinnike osuu pellin aallonharjalle. Mahdollinen ohiruuvaus aiheuttaa höyrynsulkuun turhia reikiä, jotka eivät ole toivottuja. Höyrynsulun liitos seinärakenteeseen tulee aina suunnitella tapauskohtaisesti. (Toimivat Katot 2013, 15.)

## 2.4 Höyrynsulun asennus

Tiiviin höyrynsulun asennus vaatii aina huolellista työn suoritusta. Höyrynsulkumateriaalin ja liitosten tulee pysyä ehjänä asennuksen ja koko rakennuksen käyttöajan. (Toimivat Katot 2013, 16.)

### 2.4.1 Höyrynsulun saumaus

Höyrynsulut saumat liitetään siten, että sauma on ilma- ja vesihöyrytiivis. Bitumi- pohjaiset höyrynsulut saumataan hitsaten tai bitumiliimauksella. Muovipohjaiset höyrynsulut voidaan saumata seuraavasti:

- teippaus + puristusliitos
- massaus + puristusliitos
- teippaus
  - kaksipuolinen teippi
  - yksipuolinen teippi
- massaus
- puristusliitos.

Teippisaumauksessa käytetään valmistajan esittämää testattua teippiä. Teipatun sauman tulee olla tiivis ja vastata lujuudeltaan materiaalin lujuutta. Teippaus voidaan tehdä kalvojen väliin kaksipuolisella teipillä, jolloin sauman leveys on sama kuin teipin leveys. Teippaus voidaan tehdä myös kalvojen päälle, jolloin sauman leveys on alle puolet teipin leveydestä. Kalvojen suositeltava limitys on 200 mm. Vähimmäislimitys on 150 mm. Teippisauman minimileveys on 30 mm. Teippien suositeltavat leveydet ovat:

- yksipuolinen teippi 80 mm
- kaksipuolinen teippi 40 mm.

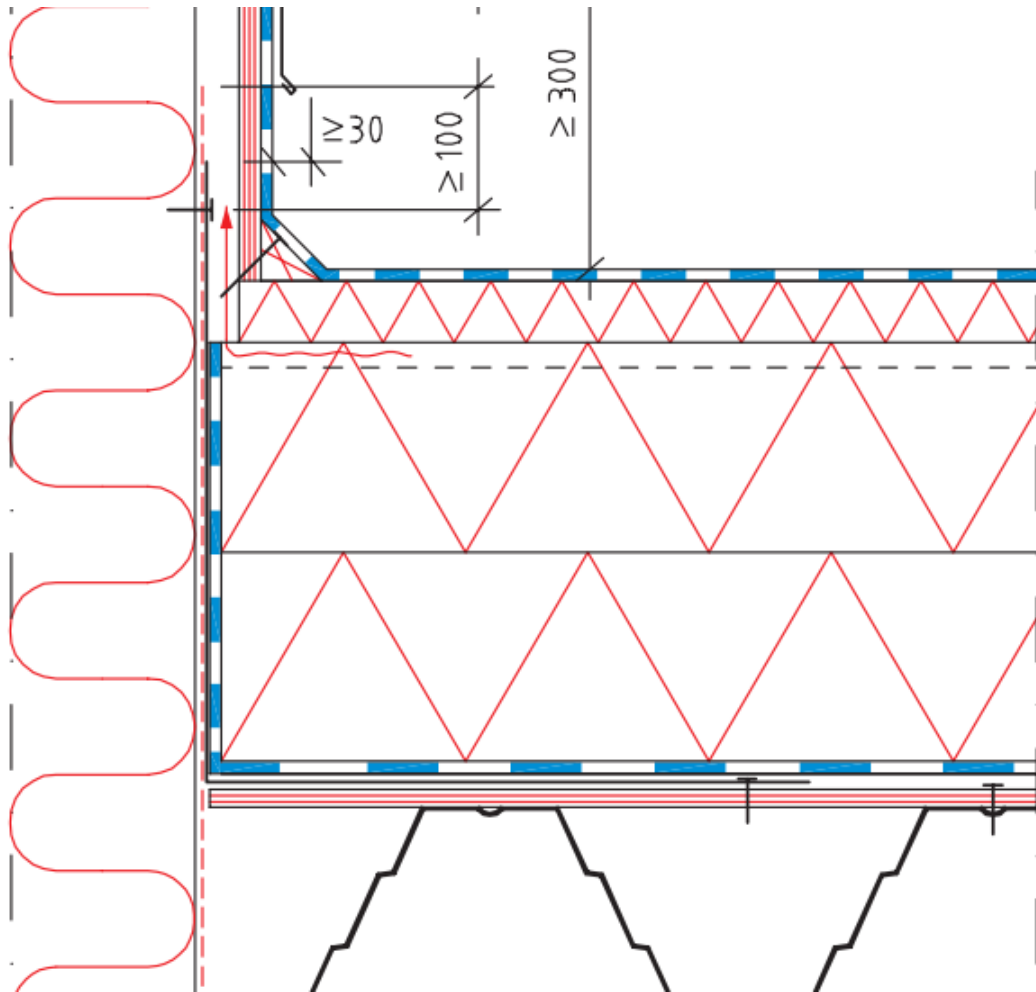
Pelkkä puristusliitos ei ole yleensä riittävän tiivis. Puristusliitoksella voidaan varmistaa teipatun tai massatun sauman tiiveys. (Toimivat Katot 2013, 17.)

**Läpivientien tiiveys.** Läpivientien liitoksessa höyrynsulkuun tulee tehdä tiiviiksi. Alle 300 mm pyöreiden läpivientien liitoksessa tulee käyttää erillisiä läpivientitiivisteitä, jotka liitetään höyrynsulkuun luotettavasti. Halkaisijaltaan suurempien läpivientien liitos on suunniteltava tapauskohtaisesti.

Suorakaiteen muotoisissa läpivienneissä ja ylösnostoissa höyrynsulkumateriaali liitetään tiiviisti saumaten liitosrakenteen höyrynsulkuun. Yläpohjaan ei saa päästä vesihöyryä liitosten läpi. Erityisesti ylösnoston nurkkien tiiveyteen on kiinnitettävä huomiota. (Toimivat katot 2013, 17.)

#### **2.4.2 Seinän ja yläpohjan liitos**

Elementtirakenteisissa yläpohjissa, esimerkiksi TT-, ontelolaatta tai kantavaa teräspoimulevyä käytettäessä, ovat taipumat yleensä huomattavan suuret. Taipumaa aiheuttaa talvella lumikuorma. Toisaalta seinärakenteena käytettävät betoni- tai peltisandwich elementit taipuvat kesällä ulkokuoren lämpölaajenemisen johdosta. Yläpohjan höyrynsulun liitoksen seinärakenteeseen tulee kestää molemmat rasitukset vaurioitumatta, tai rakenteen liikkeet on estettävä rakenteellisilla ratkaisuilla. Seinän ja yläpohjan liitos voidaan tehdä joustavaksi asentamalla liitoskohtaan riittävän paksu 90° kulmaan taivutettu pelti, esitetty kuvassa 6. Pelti kiinnitetään seinään ja yläpohjarakenteeseen mahdollisimman kaukaa. Suunnittelija määrittää pellin paksuuden, kiinnikkeiden määrän ja tyyppin. (Toimivat katot 2013, 18.)



Kuvio 5. Yläpohjan ja seinärakenteen liitos (Toimivat Katot 2013, 53).

## 2.5 Höyrinsulkutuotteet

Yleisimmin käytetyt höyrinsulkumateriaalit ovat bitumi ja muovi. Bitumiset höyrinsulut ovat yleensä samoja tuotteita joita käytetään myös aluskermeinä vedeneristyksissä. Bitumiset höyrinsulut ovat yleensä huomattavasti paksumpia kuin muoviset. Höyrinsulkuja on myös alumiinilaminoituja, niin bitumi- kuin muovipohjaisenaakin. Tällaisilla alumiinilaminoiduilla tuotteilla on suurin vesihöyryn vastus. Muoviset höyrinsulkukalvot valmistetaan polyeteenistä. Kalvo voi olla verkkovahvistettu. Höyrinsulkutuotteen höyrynläpäisevyys on tunnettava, jotta suunnittelija voi määrittää rakenteen läpi menevän kosteusvirran. Huomioitavaa kuitenkin on, että konvektiona höyrinsulun epäjatkuvuuskohtien kautta kulkeutuva kosteusvirta on huomattavasti suurempi, kuin diffuusiona kulkeutuva kosteusvirta. Liitosten tiiviys ja höyrinsulkukerroksen ehjänä pysyminen, ovat rakenteen toimivuuden kannalta

kuitenkin tärkeämpiä seikkoja kuin materiaalin vesihöyryn vastustuskyky. (Toimivat Katot 2013, 18.)

**Höyrynsulkujen luokitus.** Oikea höyrynsulkumateriaali tulee valita rakennuksen kosteusrasituksen, kattotyypin ja tuuletuksen mukaan. Mitä suurempi kosteusrasitus ja heikompi tuuletus yläpohjassa on, sen tiiviimpi ja kestävämpi höyrynsulku tulee valita. Höyrynsulkumateriaalien käyttöluokituksen perusteena käytetään rakennuksen sisäilman kosteuslisää. Höyrynsulkujen käyttöluokitus on esitetty taulukossa 3. Taulukossa 4 on esitetty höyrynsulkutuotteiden vähimmäisvaatimukset. (Toimivat katot 2013, 17.)

Taulukko 3. Höyrynsulkujen käyttöluokitus (Toimivat Katot 2013, 19).

	Rakennuksen kosteuslisä (sisä- ja ulkoilman vesihöyrypitoisuuden ero talvella)		
	suuri ( $> 5 \text{ g/m}^3$ ) Kosteusluokka 1	normaali ( $5 \text{ g/m}^3$ ) Kosteusluokka 2	pieni ( $3 \text{ g/m}^3$ ) Kosteusluokka 3
Hyvin tuulettuvat rakenteet			
<b>Ristikkoyläpohjat</b> (ja muut rankarakenteet)	MHA2, MH3	MHA2, MH3	MHA2, MH3, MH4
<b>Betoniyläpohjat</b> , joissa puurakenteinen katto päällä	BH1, BHA2, BH3 MHA2	BH1, BHA2, BH3 MHA2, MH3	BH1, BHA2, BH3 MHA2, MH3
Heikosti tuulettuvat rakenteet			
<b>Betoniyläpohjat</b> - massiivilaatta - ontelolaatta - TT-laatta	BH1, BHA2 BH1, BHA2 BH1, BHA2	BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2 BH1, BHA2	BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, (BH3)
<b>Profiilipelti yläpohjat</b> - villa-alusta - levyalusta	BH1, BHA2 BH1, BHA2	BH1, BHA2 BH1, BHA2, BH3 MHA2	BH1, BHA2, BH3 BH1, BHA2, BH3 MHA2, MH3



Taulukko 4. Höyrynsulkumateriaalien tuoteluokitukset (Toimivat Katot 2013, 20).

Bitumiset ja muoviset höyrynsulut				Bitumiset höyrynsulut <sup>1)</sup>			Muoviset höyrynsulut <sup>2)</sup>		
				Tuoteluokat					
	Tutkimus menetelmä	Vaatus	Yksikkö	BH 1	BHA 2	BH 3	MHA 2	MH 3	MH 4
				KB-kermi	alumiini-laminoitu KB-kermi <sup>3)</sup>	KB-kermi	alumiini-muovi-laminaatti	verkkovahvistettu LPDE-kalvo	perushöyrynsulkukalvo LPDE
Vetolujuus, 23 °C; pilt.s./poikkis.	EN 12311-1 EN 12311-2	min min	N/50 mm	600/400	400/300	400/300	450/350	240/240	110/110
Venymä, 23 °C; pilt.s./poikkis.	EN 12311-1 EN 12311-2	min min	%	25	10	20	8	15	500
Naulanvarren repeäisyjuu- s; pilt.s./poikkis, 23 °C.	EN 12310-1	min	N	150	100	130	400	130	80
Puhkaisulujuus 23 °C <sup>3)</sup> pehmeä alusta (EPS) dynaaminen (isku) +23 °C	EN 12691B	min	mm	600	400	400	200	200	200
Sauman vetolujuus 23 °C <sup>4)</sup>	EN 12317-1 EN 12317-2	min min	N/50 mm	400	300	300	350	240	110
Vesitiiveys <sup>5)</sup>	EN 1928 B EN 1928 A	min min	kPa kPa	300 –	200 –	200 –	– 2	– 2	– 2
Vesihöyrynvastus, Z <sub>p</sub> <sup>6)</sup>	EN 1931	min	m²sPa/kg	1x10 <sup>12</sup>	2x10 <sup>12</sup>	0,8x10 <sup>12</sup>	2x10 <sup>12</sup>	0,8x10 <sup>12</sup>	0,1x10 <sup>12</sup>
Taivutettavuus höyrynsulkumateriaali, pinta ja pohja - hitsattava bituminen höyrynsulku, pinta - hitsattava bituminen höyrynsulku, pohja	EN 1109	max/max	°C/Ø mm °C/Ø mm °C/Ø mm	-25/30 -20/30 -10/30	-20/30 -20/30 -10/30	-20/30 -20/30 -10/30	-25/30	-25/30	-25/30
Nimellispaino <sup>7)</sup> - höyrynsulkumateriaali - hitsattava bituminen höyrynsulku	EN 1849-1	ilm. (MDV). min min	kg/m² kg/m²	3,000 4,000	2,200 3,200	2,200 3,200	0,160	ilm.	ilm.
Paksuus <sup>8)</sup>	EN1849-2	min (MDV)	mm				0,2	0,2	0,2
Mitat pituus ja leveys <sup>9)</sup> suoruus	EN 1848-1	ilm. (MLV) max	mm mm/10m	ilm. 20	ilm. 20	ilm. 20	ilm. 75	ilm. 75	ilm. 75

<sup>1)</sup> Bitumisten höyrynsulkujen testimenetelmät ja vaatimukset ovat standardin SFS-EN 13970 mukaiset.

<sup>2)</sup> Muovisten höyrynsulkujen testimenetelmät ja vaatimukset ovat standardin SFS-EN 13984 mukaiset.

<sup>3)</sup> Höyrynsulut testataan pehmeän alustan (polystyreenialustan, EPS:n) päällä. Höyrynsulku voidaan testata myös kovalla alustalla, jos sitä käytetään vain sellaisen päällä. Tällöin testausmenetelmä on SFS-EN 12691 A.

<sup>4)</sup> Tavoite on, että höyrynsulun saumakohta on yhtä luja kuin itse materiaali. Muovisen höyrynsulun sauman lujuus testataan käytettävän saumausmateriaalin, esimerkiksi teipin, kanssa. Bitumisten höyrynsulkujen saumat tehdään ja testataan tuotteen mukaisesti joko liimatulla tai hitsatulla saumalla.

<sup>5)</sup> Bitumiselle höyrynsululle suositellaan korkeampaa vesitiiveysvaatimusta kuin mitä tuotestandardi SFS-EN 13970 edellyttää. Määritys tehdään yhden tunnin kokeena menetelmästä SFS-EN 1928 B poiketen. Tuotestandardin SFS-EN 13970 mukaan tuotehyväksynnässä bitumisten höyrynsulkujen vesitiiveysvaatimus on > 2 kPa menetelmän SFS-EN 1928A mukaan.

<sup>6)</sup> Tuotestandeissa SFS-EN 13970 (bitumiset höyrynsulut) ja SFS-EN 13984 (muoviset höyrynsulut) höyrynsulkuotteiden vesihöyrynläpäisevyys ilmoitetaan vesihöyrynvastuksena Z<sub>p</sub> (yksikkö m<sup>2</sup>sPa/kg), mikä poikkeaa esimerkiksi bitumikatteiden tuotestandardin (SFS-EN 13707) tavasta ilmoittaa ominaisuus vesihöyryn vastuslukuna μ (suureton). On suositeltavaa, että valmistaja ilmoittaa myös muut vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet kuin vesihöyrynvastuksen Z<sub>p</sub>.

<sup>7)</sup> Valmistaja ilmoittaa tuotteen mitat ja niihin liittyvät toleranssit. Tuotestandardit antavat lisäinformaatiota mittojen ja toleranssien ilmoitustavoista. Lyhenne MDV tarkoittaa tuotteen valmistajan tai toimittajan ilmoittamaa arvoa (Manufacturer's Declared Value) ja lyhenne MLV valmistajan tai toimittajan antamaa raja-arvoa (Manufacturer's Limiting Value).

<sup>8)</sup> Alumiinikalvolla tai muulla tiivillä kalvolla tai kerroksella varustettu KB-kermi.

## 2.6 Vedeneristysten alusta, lämmöneristelevy

Käytettäessä lämmöneristelevyjä vedeneristysten alustana, tulee eristeiden olla kyseiseen käyttöön tarkoitettuja. Lämmöneristelevy alustaa käytettäessä on höyrynsulun oltava riittävän tiivis, jotta rakenne olisi toimiva Suomen olosuhteissa. Höyrynsulku on asennettava mahdollisimman lähelle rakenteen lämmintä pintaa. Lämmöneristeet kiinnitetään alustaan mekaanisesti, pääsääntöisesti aluskerman asennuksen yhteydessä, limisauman alta. Rakennesuunnittelija määrittää kiinniketyypin ja tiheyden. Lämmöneristelevyjen saumat eivät saa muodostaa ristikkäistä kuviota. Eri kerrosten saumat tulee limittää toisiinsa nähden. Lämmöneristys suositellaan tehtäväksi useammasta kerroksesta. Ohuemat eristelevyt mukautuvat paremmin alustan muotoihin ja saumat pysyvät tiiviinä.

Lämmöneristeen tuuletusurat sijoitetaan mahdollisimman lähelle kerroksen ulkopintaa 20-50mm. Vierekkäisten levyjen uritus on kohdistettava siten, että uritus jatkuu yhtenäisenä harjalle tehtävään kokoojauraan saakka. Kokoojauraan asennetaan alipainetuulettimet noin 1kpl/100m<sup>2</sup>. Myös korvausilman tulee päästä uritukseen esimerkiksi räystäskoolauksen tai alipainetuulettimien kautta. Katolla olevien läpivientien kohdalla, esimerkiksi savunpoistoluukuissa, yhdistetään urat kokoojauralla esteen ala ja yläpuolelta. Näin varmistetaan tuuletuksen toimivuus koko rakenteessa.

Lämmöneristeet valitaan rakennuksen rasitusluokituksen mukaisesti. Rakennuksen sisäpuolisia rasitustekijöitä ovat lämpötila ja sisäilman suhteellinen kosteus. Ulkopuolisen rasitustekijänä on mekaaninen kuormitus. Suunnittelija määrittelee vallitsevat rasitukset ja eristeeltä vaaditut ominaisuudet. Taulukossa 5 on esitetty vaatimuksen lämmöneristeille eri rasitusluokissa.

- Rasitusluokka R2: normaali (tavanomaiset rakennukset, esimerkiksi asuin- ja toimistorakennukset)
- Rasitusluokka R3:raskas (tavanomaiset teollisuustilat)
- Rasitusluokka R4: erittäin raskas (esimerkiksi poikkeuksellisen raskaiden olosuhteiden kuormittamia teollisuustiloja, joissa on korkea lämpötila ja/tai korkea suhteellinen kosteus). (Toimivat Katot 2013, 23.)

Taulukko 5 Lämmöneristeiden rasitusluokat (Toimivat katot 2013, 24).

Rakenteen käyttötapa >	Pohjakerros teräs- poimulevyn päällä	Ala- ja välikerrokset	Pintakerros
Rasitusluokka R2	$\geq 50$ kPa	$\geq 30$ kPa	$\geq 50$ kPa
Rasitusluokka R3	$\geq 50$ kPa	$\geq 50$ kPa	$\geq 60$ kPa
Rasitusluokka R4	Mitoitetaan tapauskohtaisesti		

## 2.7 Kateratkaisut

Loivilla katoilla vedeneristyksen tulee kestää vedenpainetta. Katteiden tulee olla siis jatkuvia. Tästä syystä kysymykseen tulee lähinnä erilaiset kermikatteet. Suunnittelija määrittelee kohteeseen soveltuvan vedeneristyksen tyypin ja materiaalin. Bitumikermi- ja PVC-katteille on Suomessa käytössä tuoteluokitus, jossa on määriteltä materiaalien minimivaatimukset. (Toimivat Katot 2013, 27-41.)

## 2.8 Räystäs

Räystäät jaetaan niiden leveyden perusteella kolmeen luokkaan:

- leveät räystäät, leveys yli 400mm
- kapeat räystäät, leveys 50-400mm
- seinälinjan ulkopintaan päättyvät räystäät.

Räystäs suunnitellaan siten, että tarvittava seinä- ja yläpohjarakenteen tuuletus voidaan toteuttaa. Räystäsrakenteen tulee olla sellainen, että vesi ja tuiskulumi eivät pääse kulkeutumaan tuuletusrakojen kautta seinä- tai yläpohjarakenteisiin. Räystäs suojaa myös seinärakennetta viistosateelta. Räystäsrakenteeseen kiinnitetään myös vesikouru. Rakenteiden tulee kestää myös kourun niille aiheuttamat rasitukset. (RIL 107-2012 2012, 125.)

## 3 KAPULARÄYSTÄS

### 3.1 Käyttökohteet

Kapularäystästä käytetään tyypillisesti yksinkertaisissa halli- ja myymälätyyppisissä rakennuksissa Kuva 7. Rakennukset ovat usein kapearunkoisia ja pitkähköjä. Myös laajarunkoisissa kiinteistöissä, joissa on useampilaivaisia kattoja, voi kapularäystä tulla kyseeseen reunimmaisilla lappeilla. Kapularäystästä käytetään silloin, kun ei haluta tehdä täysin räystäätöntä rakennetta. Räystäät ulkonevat seinälinjasta 50–700 mm.



Kuva 2. Tyypillinen kohde jossa on käytetty kapularäystäitä.

Tämäntyyppiset rakennukset pyritään usein rakentamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tämän vuoksi rakenteet ja materiaalit pyritään optimoimaan mahdollisimman edullisiksi.

Rakennus voi olla rakenteeltaan liimapuu-, teräs- tai betonirunkoinen. Yläpohjan kantava materiaali saattaa olla kantava teräspoimulevy tai TT- tai ontelolaatta. Materiaaleilla ei sinällään ole suurta merkitystä. Oleellista on, että yläpohjan kantavan rakenteen päällä on höyrynsulku ja lämmöneristelevyt. Lämmöneristeinä käyte-

tään tyypillisimmin kovaa mineraalivillalevyä, joissakin tapauksissa myös EPS- tai PIR-eristelevyt saattavat tulla kysymykseen. Vesikaton vedeneristys asennetaan välittömästi lämmöneristyksen päälle. Eli yläpohjassa ei ole tuuletusrakoa. Lämmöneristelevyissä on tuuletus-uritus lähellä levyn yläpintaa. Urituksen kautta saadaan poistettua lämmöneristekerrokseen mahdollisesti jäänyt rakennusaikainen- tai mahdollisista höyrynsulun epätiivelyskohdista eristekerrokseen päässyt kosteus.

Nykyään pienehköt hallityyppiset rakennukset ovat usein liimapuu- tai teräsrunkoisia. Ulkovuoraus on peltisandwich elementeillä toteutettuja ja yläpohjan kantavana rakenteena on poimulevy. Tässä työssä keskitytään lähinnä tällaisiin rakenteisiin. Samat periaatteet toimivat myös muiden rakennusmateriaalien kanssa.

### **3.2 Kuvaus räystään toiminnasta sekä rakenteesta yleensä**

Kapularäystäällä aikaansaadaan räystään ulkonema rakennuksen seinälinjan ulkopuolelle. Tällöin räystääs tarjoaa suojaa rakennuksen seinärakenteelle viistosa-  
detta vastaan. Rakenteen suunnittelussa huomioitavia seikkoja:

- rakenteen kantavuus, räystäsrakenteen on kannatettava oman massansa lisäksi myös kuormat jotka aiheutuvat lumen painosta sekä tuulen vaikutuksesta
- lämmöneristävyys, rakenne on pyrittävä toteuttamaan siten, että rakenteeseen ei synny tarpeettomasti kylmäsiltoja. Yläpohjan U-arvoa laskettaessa on huomioitava myös räystäsrakenteen aiheuttama viivamainen ja pistemäinen lisäys lämpövirtaan
- ilmansulku, rakenteen on oltava niin tiivis, ettei sen läpi tapahdu konvektiovirtausta
- höyrynsulku, höyrynsulkumateriaali tulee valita siten, että se vastaa rakennuksen käyttötarkoitusta
- tuuletus, kyseessä on heikosti tuulettuva rakenne, joten vähäisen tuuletuksen täytyy toimia moitteettomasti. Tuuletus täytyy suunnitella tapauskohtaisesti erikseen

- veden esteetön virtaus, lappeen tulee olla veden virtaussuuntaan jatkuvasti laskeva eikä siihen saa syntyä virtaussuuntaa vastaan olevia hammastuksia
- muotoilu, rakenne on oltava muodoltaan suoralinjainen, jolloin lämmöneristeiden leikkaus voidaan tehdä myös suorin linjoin eikä tarvita hankalia loveuksia.

### 3.3 Räystään kantavuus

Räystään rakennetta suunniteltaessa on huomioitava rakenteen riittävä kantavuus. Tämä tehtävä kuuluu ehdottomasti kohteen vastaavalle rakennesuunnittelijalle. Mitoituskuorma on laskettava aina tapauskohtaisesti. Rakenteen omapaino ei ole merkittävä. Koska kyseessä on villakatto, katon lämmöneriste siirtää syntyvät kuormat kantavalle rakenteelle. Ulkoseinä kantaa sen kuorman, mille etäisyydelle lämmöneriste seinän päälle ulottuu, noin seinän puoleenväliin saakka. Tästä ulospäin mentäessä tulevat kuormat on kapularäystään kannatettava. Mitoituksessa on huomioitava lumikuormasta ja tuulen vaikutuksesta syntyvät rasitukset sekä vesikourun aiheuttama kuorma. Mitoituksessa tulisi pyrkiä pitämään kapuloiden väli mahdollisimman suurena ja käyttää ensisijaisesti muita keinoja rakenteen kestävyys lisäämiseksi. Katon rakentamisessa työläin ja kallein vaihe on lämmöneristeiden sovittaminen kapuloiden väliin. Rakenne tulisi pyrkiä toteuttamaan siten, että lämmöneristeen leikkaustarve jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

### 3.4 Räystäsrakenteen lämmöneristävyys

Koska räystäällä lämmöneristykseen yhtenäinen rakenne katkaistaan puulla, aiheutuu siitä rakenteen läpi tapahtuvaan lämpövirtaan lisäys. Huonosti toteutettu kapularäystäs aiheuttaa suoranaisesti kylmäsilan rakenteeseen. Tällaisia yksinkertaisesti ratkaisuja ei tule käyttää, esimerkki kuvassa 3.



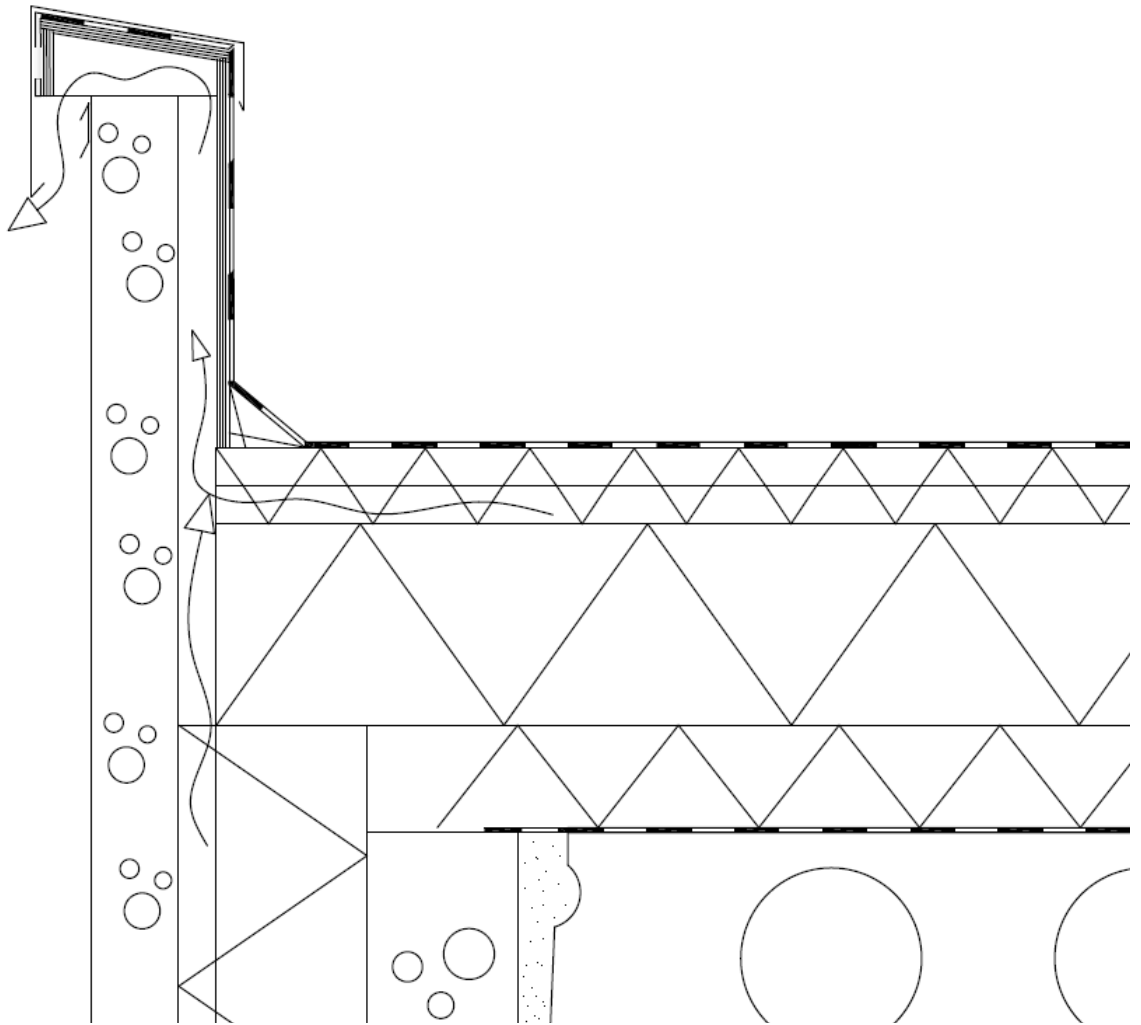
Kuva 3. Kapuloinnin aiheuttama kylmäsilta.

Hyväksi havaittu tapa on tehdä puurakenteinen pukki, joka tehokkaasti katkaisee kylmäsilan syntymisen, mutta kykenee kantamaan siihen kohdistuvat kuormat. Periaate on esitetty kuviossa, 6.



Kuvio 6. Räystäspukki.

Lämmöneristelevyt limitetään siten, että levyjen saumat eivät muodosta ristikuvioita. Lämmöneristekerrokset limitetään toisiinsa nähden siten, että pystysuuntaiset saumat ovat joka kerroksessa eri kohdassa. Lämmöneristeen ja seinärakenteen välissä on syytä käyttää pehmeää villakaistaa varmistamaan eristeen tiivis liittyminen seinään. On kuitenkin huomioitava, että jos kyseessä on betoni-sandwich-elementti, jossa lämmöneristeessä on tuuletusuritus, on tämä seinän tuuletus järjestettävä ulkoilmaan saakka, kuvio 7.



Kuvio 7. Seinä- ja kattovillan tuuletusuritus yhdistetään.



### 3.5 Ilman- ja höyrynsulku

Tarkasteltavassa rakenteessa ilman- ja höyrynsulku ovat yksi ja sama rakenne, joten jatkossa käytetään vain termiä höyrynsulku. Höyrynsulun tehtävänä on estää sisäilman kosteuslisän kulkeutuminen lämmöneristekerrokseen. Kosteuslisä pyrkii siirtymään diffuusiona ainekerrosten läpi sekä konvektiona ilmavirtausten mukana. Höyrynsulkumateriaalilla tulee olla riittävä vesihöyrynvastus, jotta diffuusiona tapahtuva kosteuden siirtyminen voidaan ehkäistä. Höyrynsulkumateriaalin liitokset tulee olla riittävän tiiviit, jotta konvektioilmavirtaukset saadaan estettyä.

Höyrynsulkujen tuoteluokituksesta, taulukko 4, voidaan havaita, että muovikalvoilakin on hyvä vesihöyryn vastus. Etenkin alumiini-muovilaminaatilla vastus on todella hyvä. Valmiin rakenteen toimintaa mietittäessä tulee kuitenkin tiedostaa, että materiaalin vesihöyryn vastus on eri asia kuin kokonaisen rakenteen kyky estää vesihöyryn kulkeutumista yläpohjarakenteeseen. Villakatoilla käytetään mekaanisia kiinnikkeitä, joilla eristeet ja kermi kiinnitetään alustaan. Mekaaninen kiinnike lävistää höyrynsulkukalvon. Ruuvien tai naulojen liittyminen muovikalvoon ei ole täydellinen ja näin kiinnikkeen kohdasta saattaa syntyä pistemäinen vuotokohta vesihöyrylle. Rakennusvaiheessa kattoa kuormitetaan myös erilaisilla staattisilla piste-kuormilla, joita aiheutuu esimerkiksi tarvikkeiden varastoinnista. Dynaamisia kuormia aiheutuu tavarantoiminnan haalauksesta sekä itse asennustyöstä. Nämä voimat saattavat aiheuttaa ruuvien lävistyskohtaan sellaisia voimia, jotka pyrkivät venyttämään kalvossa olevaa reikää. Kuvat 4 ja 5 havainnollistavat, miten reikä muovikalvossa pyrkii laajenemaan ruuvien lävistyskohdassa.



Kuva 4. Kiinnikkeen ruuvi lävistää muovisen höyrynsulkukalvon.



Kuva 5. Muovikalvossa oleva reikä venyy ruuvien ympärillä.

Käytettäessä kumibitumikermiä höyrynsulkuna ei tätä ongelmaa ole. SBS-polymeerillä modifioitu bitumi on elastinen materiaali, joka lävistettäessä pyrkii tiivistymään lävistävän kappaleen ympärille. Muovikalvoja sekä muovilaminaatteja tulisi käyttää höyrynsulkumateriaalina ainoastaan silloin, kun ne asennetaan ristikon alapaarteiden alapintaan ja saumat kiinnitetään puristusliitoksien.

Käytännössä usein tämän tyyppistä rakennetta käytetään erilaisissa varasto- ja tuotantorakennuksissa, joiden rakennuskustannukset pyritään pitämään mahdollisimman alhaisina. Koska kumibitumikerman ja muovisen höyrynsulkukalvon hintaero on moninkertainen, on varsin tavallista käyttää muovista höyrynsulkukalvoa. Muovikalvoja käytettäessä tulee sen saumoihin sekä liitoksiin muihin rakenteisiin kiinnittää erityistä huomiota.

Vaikka rakennuksen käyttötarkoitus on alun perin toimia esimerkiksi varastotilana saattaa käyttötarkoitus kuitenkin elinkaaren aikana muuttua radikaalistikin. Sama tila saattaa myöhemmin toimia esimerkiksi korjaamona tai pesulana. Tällöin sisäilman sisältämä kosteus lisää kasvaa huomattavasti, etenkin mikäli vielä ilmanvaihdon laitteistossa esiintyy ongelmia tai laitteita käytetään väärin. Tämän takia olisi syytä välttää höyrynsulun alimitoitusta rakennusvaiheessa. Näistä ongelmista on paljon käytännön kokemuksia vanhojen rakennusten kanssa.

### 3.6 Tuuletus

Tuuletuksen tarkoituksena on poistaa yläpohjan eristekerroksesta sinne rakennusaikana jäänyt kosteus. Höyrynsulun puutteiden takia eristekerrokseen saattaa päätyä sisäilman kosteutta käytön aikanakin. Tuuletus ja höyrynsulku ovat toisiinsa sidoksissa.

Tarkasteltava yläpohjarakenne on heikosti tuulettuva. Lämmöneristekerroksessa oleva kosteus pyrkii tiivistymään vedeneristysten alapintaan, ellei sitä saada tuuletuksella poistettua. Tuuletus täytyy siis suunnitella ja toteuttaa erityisellä huolellisuudella.

### 3.7 Veden esteetön virtaus ja poisjohtaminen

Lappeelta vedellä on oltava esteetön virtausreitti vesikouruun. Vesikaton kaltevuus on oltava riittävä yleensä 1:16 - 1:5. Etenkin räystäällä rakennekerrosten mitoituksen kanssa täytyy olla tarkkana, jotta rakenteeseen ei syntyisi virtaussuuntaa vastaan olevaa porrastusta. Lämmöneristelevyjen painuminenkin on huomioitava rakenteessa. Tästä syystä usein rakennusvaiheessa, lämmöneristeen vaihtuessa puurakenteeksi lämmöneriste jätetään 15–20 mm korkeammalle kuin puurakenne.

### 3.8 Rakenteen yksinkertainen ja suoralinjainen muoto

Kapulat tulisi suunnitella siten, että lämmöneristettä vastaan tulee aina suora reuna. Kaikkia lämmöneristeen loveamista vaativia ratkaisuja tulee välttää, koska se lisää työtä lämmöneristeen asennuksessa huomattavasti sekä altistaa eristeiden väliin jääville ilmaraoille. Kuvat 6–8 havainnollistavat liitosten haastavuuden.



Kuva 6. Loveukset lisäävät lämpövuotojen riskiä.



Kuva 7. Höyrynsulun liittäminen pukkiin on mahdotonta, jos pukki on asennettu paikoilleen.



Kuva 8. Pukkien tulisi olla mahdollisimman suoralinjaisia.

## 4 KÄYTÄNNÖN KOKEILUT

### 4.1 Suunnittelu

Kapularäystäiden toteutuksesta oli paljon vuosien saatossa kertynyttä kokemusta. Koska tehtyjä kohteita on melko huonosti dokumentoitu ja eteen tulleet ongelmatkin ovat lähinnä muistinvaraisia, päätettiin ryhtyä toteuttamaan kokeiluja käytännönläheisesti.

Suurin osa kohteista, joissa kapularäystästä käytetään, ovat perusratkaisuiltaan yhteneväiset. Seinät ovat peltisandwich-elementtejä ja yläpohjassa on liimapuu- tai teräsrungon päällä itsekantavat teräspoimulevyt. Käytännön kokeiluissa päätettiin pitäytyä vastaavassa rakenteessa. Rakenteiden demonstroimiseksi päätettiin rakentaa pieni alusta, joka vastaa tällaista rakennetta. Siihen tehtiin muutamia erilaisia kapularatkaisuja, joilla voitiin tutkia eri ratkaisujen heikkouksia ja vahvuuksia. Todettiin, että havainnot on dokumentoitava valokuvin. Päätettiin myös laatia rakennekuvat kustakin rakenteesta.

Kokeilun rajaamiseksi päätettiin tutkia tällä kertaa ainoastaan puolilämpimän tilan vaatimaa yläpohjan eristevahvuutta. Eli yläpohjan U-arvo vaatimus on näin ollen  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Mikäli yläpohjan lämmöneristyskerros kasvaa lämpimän tilan vaatimusten mukaisesti, säilyy räystään perusrakenne samanlaisena. Ainoastaan mitoitusta hieman muutetaan.

### 4.2 Käytettävät materiaalit

**Kantava poimulevy.** Kantavaksi poimulevyksi valittiin Ruukin poimulevy T130-75L. Levyn paksuus on 0,7 mm. Tämä on tyypillisesti villakatoilla käytettävä poimulevymalli, jolla on hyvä kantavuus, mutta on hinnaltaan kohtuullisen edullinen. (Kantava poimulevy T130M-75L-930, [viitattu 4.10.2015].)

**Metalli-sandwich-paneeli.** Metallisandwich-paneeliksi valittiin Ruukin elementti SPA 230 mm. (Sandwich panel, [viitattu 4.10.2015].)

**Lämmöneristys.** Lämmöneristeeksi valittiin Rockwoolin mineraalivillaeristeet. Puolilämmin yläpohjarakenne kantavan poimulevyn päälle saadaan toteutettua Rockwool Oy:n tuotteilla esimerkiksi seuraavasti. Alimmainen lämmöneristelevykerros on 50 mm Hardrockin kovaa mineraalivillalevyä. Hardrockin eristelevyn toinen pinta on noin 15 mm paksuudelta puristuslujuudeltaan kova, 80 kPa. Muuten levyn puristuslujuus on normaali 30 kPa ja levyn lämmönjohtavuus  $\lambda_d=37$  mW/mK. Levyä voidaan käyttää hyvin poimulevyn päällä alimpana kerroksena, kun se asetetaan kova pinta alaspäin. (Hardrock 37, [viitattu 4.10.2015].)

Välikerroksen eristelevynä käytetään URS 150 mm, jonka puristuslujuus on 30 kPa ja  $\lambda_d=36$  mW/mK. (URS 36, [viitattu 4.10.2015].)

Pintavilla on sama Hardrock kuin alimmainenkin kerros, mutta siihen on tehtaalla ajettu valmiiksi tuuletusurat pehmeämmälle puolelle. Lämmöneristeen kokonaispaksuudeksi tulee tällöin 250 mm.

**Höyrynsulku.** Höyrynsulkumateriaaliksi valittiin Kalliomuovi Oy:n valmistama höyrynsulkuksi tarkoitettu MH4-luokan, 0,2 mm PE-muovikalvo. (RT L37344, [viitattu 4.10.2015].)

**Höyrynsulkuteippi.** Muovin teippauksessa käytettiin Wurth Oy:n Arron Flex -höyrynsulkuteippiä. (Wurth Oy, Tuotekuvasto, [viitattu 4.10.2015].)

**Vedeneristys.** Vedeneristeenä käytettiin Icopal Oy:n hitsPolar K-MS 170/4000 TL 2 -aluskermiä ja hitsPintaPolar K-PS 170/5000 TL 2 -pintakermiä. Kermejä ei hitsattu täysin kiinni, jotta rakenne voidaan vaivattomasti avata useita kertoja. (Icopal Oy, Tuoteseloste, [viitattu 4.10.2015].)

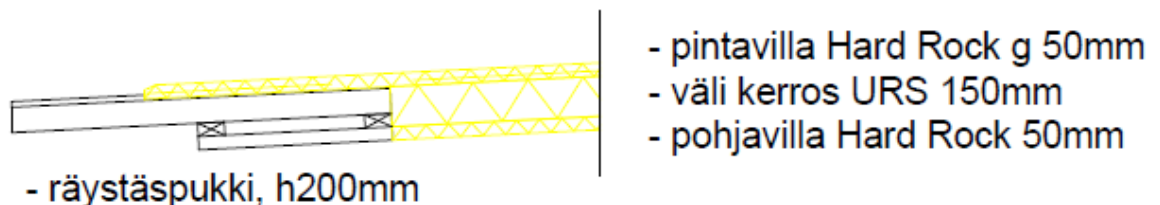
**Kiinnike.** Kiinnikkeet ja ruuvit valittiin SK-Tuotteen valikoimasta. (SK-Tuote Oy, Verkkosivu, [viitattu 4.10.2015].)



### 4.3 Alkuvalmistelut

Koealustaa varten poimulevy katkaistiin siten, että siitä saatiin kaksi 2,5 metrin pituista palaa. Ne liitettiin yhteen kahden levyn, 2x930 mm, levyiseksi katon osaksi. Levyjen alle kiinnitettiin 4 kpl 75x50 mm puut juoksuiksi, helpottamaan alustan siirtelyä. Seinäelementiksi asennettiin Ruukin metalli-sandwich. Koealusta mallintaa osaa rakennuksen pitkän sivun räystäästä. Alkuvalmistelut tehtiin helmikuussa 2015, joten koealusta sijoitettiin varastohalliin sisätiloihin. Näin varmistettiin hyvät olosuhteet työn huolelliselle toteutukselle. Varsinaiset räystäspukit tehtiin 48x98 C24-puutavarasta. Räystään ulkonemaksi seinälinjasta valittiin 400 mm. Tämä tehtiin lähinnä tilan ja materiaalin säästämiseksi. Räystään ulkoneman kasvaessa täytyy huolehtia rakenteen kestävydestä voimien kasvaessa.

Seinän korkeus kantavan poimulevyn harjalta mitattuna on 200 mm. Tällä korkeudella jako käytettävien lämmöneristeiden paksuuden suhteen menee tasan. Periaate on esitetty kuviossa 8. Pohjavilla 50 mm + välikerros 150 mm=200 mm. Pintavilla asennetaan osittain seinän päälle.



Kuvio 8. Eristelevyjen paksuus suhteessa räystäspukkiin.

Koealusta tehtiin käytännön syistä täysin vaakasuoraan, mutta rakenteen periaatteet ovat samanlaiset myös lappeen ollessa kaltevassa kulmassa seinään nähden. Lämmöneristeen liittyminen seinäpaneeliin on huomioitava, mikäli kaltevuuskulma kasvaa. Tällöin lämmöneristelevyjen reuna tulee viistää tai lisätä reunassa tilkevilan paksuutta.



#### 4.4 Käytännön työ

Käytännön kokeilut aloitettiin rakentamalla koealustaan kolme räystäspukkia rinnakkain k/k 648 mm, malliltaan tyypillisesti usein käytettyjä. Näin saatiin eräänlainen perusrakenne aikaiseksi, johon lähdetään etsimään parannuksia.

##### 4.4.1 Perusratkaisu

Perusratkaisussa pukki on rakennettu siten, että alimmainen puu on 48 x 98 lappeellaan. Näin mitoitus pohjavillan kanssa menee tasan. Pukki saadaan myös kiinnitettyä alustaan lappeellaan olevan puun reunoista. Alapuun päälle asennettiin 2 kpl 50 mm puukalikka. Kalikoiden päälle asennettiin 48 x 98 yläpuu, joka toimii räystään kannatinpuuna. Näin pukin korkeudeksi poimulevyn yläpinnasta tulee  $48 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 98 \text{ mm} = 196 \text{ mm}$ . Eli pukin yläkannatinpuun yläpinta jää 4 mm keskimmäisen villakerroksen yläpinnan tason alapuolelle. Tämä on tarpeellista siitä syystä, ettei räystäspukki pyri nostamaan pintavillakerrosta ja näin aikaansaamaan tarpeettomia ilmarakoja.



Kuva 9. Räystäspukki asennettuna.

Höyrynsulkukalvo on asennettu katon reuna-alueella suoraan kantavan poimulevyn päälle. Näin höyrynsulku jää räystäspukkien alle yhtenäisenä kerroksena. Kalvo teipataan seinäpaneeliin höyrynsulkuteipillä. Höyrynsulkukalvoa ei tule kiristää liikaa, vaan sen pitäisi jäädä seinän vieressä hieman löysälle laskokselle. Vesikatolle syntyy talvella lumen vaikutuksesta kuormia, joiden johdosta kantava poimulevy pyrkii taipumaan alaspäin. Kesällä lämpö saa seinäpaneelissa aikaan taipumaa ulospäin. Höyrynsulkukalvon tulee mukautua näihin muodonmuutoksiin. Räystäspukin jälkeen höyrynsulkukalvo nostetaan alimmaisen villakerroksen päälle. Kuvassa 9 on valmis rakenne ilman vedeneristystä.

Seinäelementtiin lovetaan ura räystäspukin yläkannatinpuuta varten. Loveus pyrittiin tekemään mitoitukseltaan melko tarkaksi. Seinäpaneeli voidaan myös katkaista alemmaa, siten että yläkannatinpuu kulkee seinän yläpuolitse. Tällöin joudutaan kuitenkin verhoilemaan seinän yläreuna siten, että lämmöneristeet pysyvät suojassa. Tämä voi olla kuitenkin kannattavaa joissain tilanteissa, joissa pyritään optimoimaan seinäpaneelien käyttöä.

Räystäspukin uloimpaan päähän kiinnitetään korokerima, jonka tehtävänä on varmistaa riittävän tuuletusraon säilyminen räystäällä. Korokerimana käytettiin 25 mm puusoiroa. Lopuksi räystäspukkien yläkannatinpuiden päälle asennettiin 15 mm vanerilevy, jonka tehtävänä on toimia vedeneristyksen alustana seinälinjan ulkopuolella. Vanerilevy myös yhdistää räystäspukit toisiinsa. Koska räystäspukin yläpuun yläreunan korkeus tuli tasoon 196 mm ja lämmöneristeiden kokonaiskorkeus on 250 mm, syntyy lämpimän ja kylmän rakenteen liitoskohtaan porrastus 14 mm.

$$250 \text{ mm} - (196 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 15 \text{ mm}) = 14 \text{ mm}$$

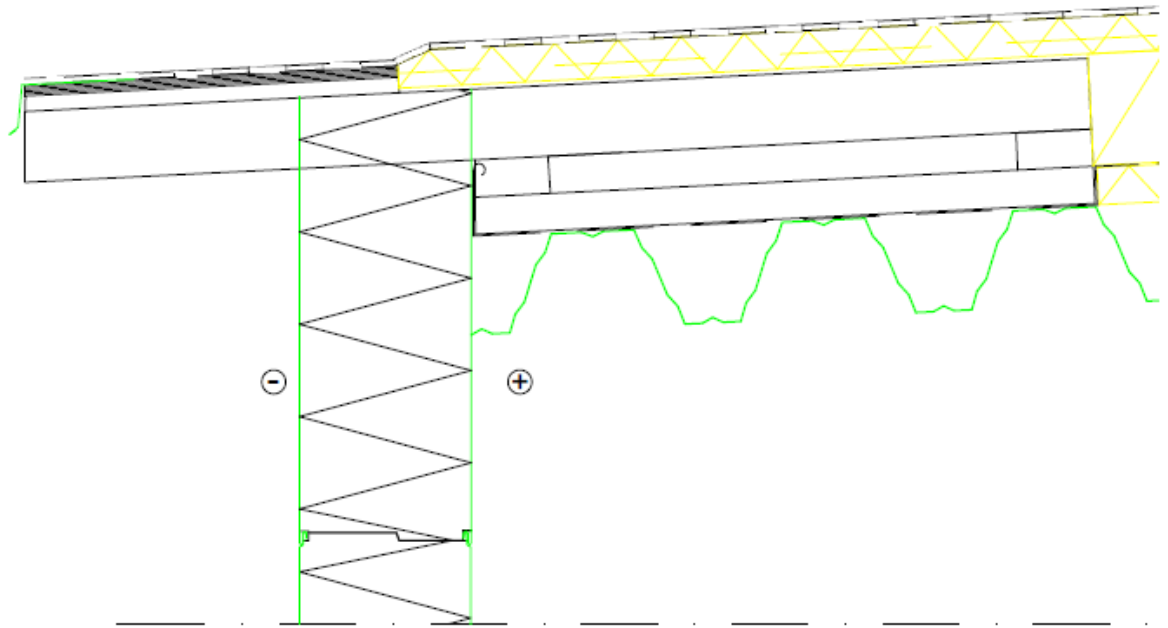
Tässä liitoskohdassa pintavillaa joudutaan reunasta hieman viistämään, jotta vältetään jyrkkäreunaiselta porrastukselta, kuva 10.



Kuva 10. Lämmöneristekerros on korkeammalla kuin räystääs.

Lämmöneristyksen välikerros asennettiin siten, että eristekerrosten saumat alimmaisessa ja välikerroksessa eivät tule päällekkäin. Alimmainen villakerros tulee katkaista heti räystäspukin takaa tai seuraavan harjan kohdalta. Tähän tulee rakennuksen mittainen sauma, jossa höyrynsulkukalvon sijainti muuttuu poimulevyn päältä alimman villan päälle. Alin lämmöneristekerros asennetaan tästä eteenpäin siten, että levyn pitkä sivu tulee poimulevyjen poimujen suuntaan kohtisuoraan. Välikerros lämmöneristeestä asennetaan siten, että levyjen saumat eivät ole kohdakkain alemman villakerroksen saumojen kanssa. Pintavillan asennus tehdään aina tuuletusurien mukaisesti.

Lämmöneristeen päälle asennettiin VE 80 -luokan vedeneristys, joka kiinnitettiin mekaanisesti aluskermin limisauman alta. Periaate on esitetty kuviossa 9.



Kuvio 9. Perusratkaisun rakennekuva.

Perusratkaisussa havaitut kehittämistarpeet:

- Räystäspukin alapuun ei tulisi jatkua seinään saakka vaan päättyä tuelle, lämmöneriste saadaan paremmin asennettua seinänviereen.
- Räystäspukin yläpuun loveukseen seinäelementtiin tulisi huomioida tilkevara, lämpövuotojen minimointi.
- Räystäspukin ylä- ja alapuun välisen tilan lämpöeristyksestä tulisi huolehtia, kylmäsillan katkaisu.
- Rullavillakaista pitäisi lisätä lämmöneristeen ja seinän väliin, rakenteiden liikkussa joustava lämmöneristeen liitos.

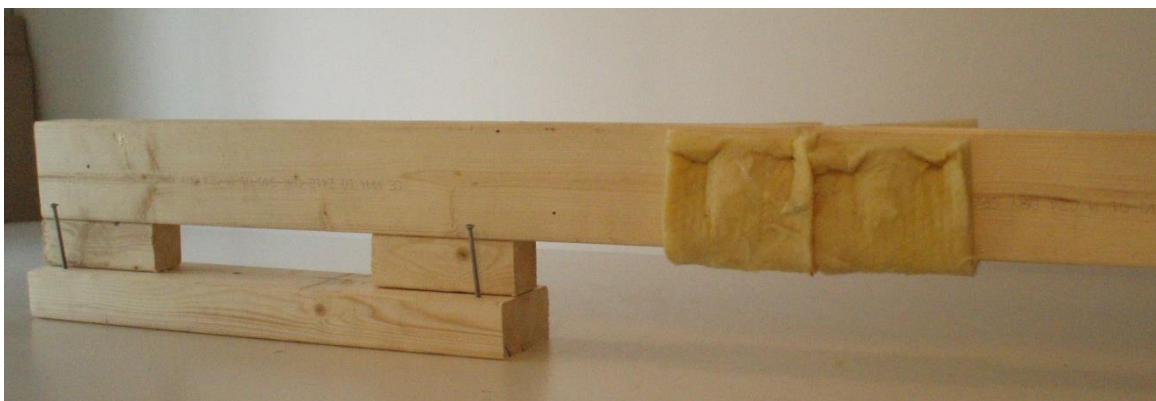
#### 4.4.2 Kehitysversio 1

Rakenteeseen tehtiin muutamia muutoksia, joilla pyrittiin korjaamaan perusratkaisussa havaittuja puutteita.

Räystäspukin mitoitus muutettiin hieman. Nyt pukin alapuuta lyhennettiin siten, että se ulottuu ainoastaan tukien väliselle alueelle. Näin saadaan lisättyä lämmöneristyskerrokset myös pukin ja seinän väliseen tilaan. Pukin alapuun mitoitus-

sessä on kuitenkin huomioitava mahdollisesti tarvittava pieni ylimittaisuus, kun huomioidaan eurokoodin mukaiset minimietäisyydet ruuvien sijoitukselle. (RIL 205-1-2007,2007, 120).

Seinäpaneelin loveuksessa jätettiin räystäspukin yläpuun leveyden lisäksi molemmille sivuille, sekä puun alapuolelle 10 mm tilkevara. Koska täysin mittatarkan loven tekeminen on kuitenkin hyvin hankalaa, päätettiin kokeilla raon tilkitsemistä pehmeällä villalla. Heti havaittiin, että raon tilkitseminen pukin asentamisen jälkeen on turhan aikaa vievää. Pukki irrotettiin uudelleen ja merkittiin siihen, mikä osuus jää seinän sisälle. Pukkiin kiinnitettiin merkitylle alueelle lasivillakaistasta kaksi palaa rinnakkain. Kaistat kiinnitettiin muutamalla niitillä, jotta ne pysyvät paikoillaan asennukseen saakka, kuva 11. Tämän jälkeen asennettiin pukki uudelleen paikoilleen. Nyt pukin liitoksesta seinään tuli kerralla tiivis ja silti se mahdollistaa rakenteiden liikkumisen. Villasoiron asentaminen on nopea toimenpide eikä sarjatyönä tehtynä vaadi suurta panostusta.



Kuva 11. Seinän läpimenokohta on eristetty villasoiroilla.

Räystäspukin ylä- ja alapuun väliseen tilaan leikattiin villasoiro 50 mm pehmeästä mineraalivillalevystä. Mikäli villasoivot leikataan sarjatyönä yhdellä kertaa, ei siihen kulu aikaa montakaan minuuttia.

Seinän viereen asennettiin myöskin rullavillasta kaistan paksun villan osuudelle. Tämä varmistaa lämmöneristyksen liittymisen seinärakenteeseen tiiviisti, vaikka rakenteet hieman eläisivätkin, kuva 12.



Kuva 12. Seinän liittymässä on rullavillakaista ja pukkien väli on villattu.

Kehitysversion 1:ssä havaitut kehittämistarpeet:

- Reunimmaisen uran kohdalla lämmöneristeellä ei ole tukea alapuolelta.



#### 4.4.3 Kehitysversio 2

Reunimmaiseen uraan asennettavalla pehmeällä villakerroksella saadaan höyrynsululle ja lämmöneristeille hieman tukea. Samalla pehmoinen villa varmistaa reunarakenteen lämmöneristävyyden, mikäli rakenteissa tapahtuisi sellaisia liikkeitä, jotka pyrkivät aiheuttamaan rakoa seinän ja yläpohjan välille.

Leikattiin pehmeästä mineraalivillalevystä 565 mm x880 mm puolen levyn soiro. Tämä 282 mm leveä soiro keskeltä taitettuna sopii lähes täydellisesti reunauraan tilkkeeksi kuva 13. Ehkä hieman kapeampi soiro olisi vielä parempi, mutta tarkoituksena oli pitää työmenetelmät mahdollisimman yksinkertaisina.



Kuva 13. Reunaura on täytetty pehmoisella villalla.

Kehitysversio 2:ssa havaitut kehittämistarpeet:

- Höyrynsulkukalvon kiinnitys seinään, liitos on teippauksen varassa

#### 4.4.4 Kehitysversio 3

Ilmeinen puute rakenteessa on höyrynsulkukalvon liitos seinärakenteeseen. Hyvissä olosuhteissa tehty teippaus onnistuu kyllä kohtuullisesti. Käytännössä työmaaolosuhteet ovat usein kuitenkin kylmät ja kosteat. Tällöin teipin tartunta seinäpaneeliin jää heikoksi tai olemattomaksi. Vaikka teippauksessa käytettäisiin kalliimpaa erikoistuotetta, joka tarttuu kylmässä ja kosteassakin, täytyisi liitoksen kuitenkin kestää koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Päätettiin varmistaa höyrynsulun kiinnitys seinään mekaanisesti. Ensin kokeiltiin tavallista kapeaa peltilistaa, joka ruuvataan seinään. Kalvon ja seinän väliin voi vielä kiinnittää esimerkiksi butyyliteipin tai sitten levittää butyylimassaa palkona muovin takapinnalle. Peltalista kiinnitetään butyylimassan päälle, jolloin saadaan pitävä puristusliitos aikaiseksi. Listan kiinnitys seinään esimerkiksi 4,2x19 mm wronic-ruuveilla, jotka ovat edullisia. Kiinnitys voi olla esimerkiksi k300 mm.

Listakiinnitystä päätettiin kuitenkin vielä kehittää edelleen. Seinän ja kantavan poimulevyn liitokseen kantattiin peltalista, joka yltää reunimmaisen poimulevyn harjalle, kuitenkin ulottumatta räystäspukin alle. Seinälle lista kääntyy noin 50 mm. Höyrynsulkukalvo puristetaan listan ja seinän väliin tiiviisti kiinni. Höyrynsulkukalvon ja seinän väliin levitetään butyylimassapalko. L-listan vaakaosa antaa tukea lämmöneristeelle, kuva 14.





Kuva 14. Höyrynsulkukalvo on kiinnitetty L-listalla.

#### 4.4.5 Vertailurakenne

Koska muovikalvojen käyttäminen höyrynsulkumateriaalina ei ole villakatolla suositeltavaa, päätettiin tehdä vielä yksi versio, jossa käytetään höyrynsulkumateriaalina BH 1 -luokan kumibitumikermiä. Höyrynsulun asennusta tarkasteltiin samalla tavalla työmaan kannalta kuin muovikalvojenkin kanssa. Eli reunaan olisi saatava räystäspukkien alle höyrynsulku asennettua rakennusammattimiehen ilman varsinaisia kattotulitöitä.

Tuotteeksi valittiin tätä reunakaistaa varten Icopal Oy:n TarraPolar. Kermissä on itseliimautuva reunakaista, joka liimautuu suoraan seinäpaneeliin. Kylmissä ja kosteissa olosuhteissa reunakaistan liimaus voidaan jättää kattourakoitsijan tehtäväksi. Reuna saadaan liimattua räystäspukkien asennuksen jälkeenkin. Tarran suojanauha irrotetaan ja reunaa käännetään hieman auki. Tämän jälkeen saumaa lämmitetään kevyesti esimerkiksi nestekaasupolttimella. Kermin reuna painellaan kiinni seinäpaneeliin. Tartunta on huomattavasti parempi kuin teipillä. Kermin reuna kiinnitetään lisäksi mekaanisesti. Kiinnityksessä voidaan käyttää esimerkiksi peltiälistaa. Kun höyrynsulku nostetaan räystäspukkien takapuolella alimman villaker-

roksen päälle, saattaa olla tarpeen lämmittää kermiä, jotta terävät taitokset saadaan tehtyä.



Kuva 15. BH1- luokan höyrynsulkukermi asennettu ja kiinnitetty mekaanisesti seinään.

#### 4.5 Suositeltavat rakenneratkaisut

Edellä esitettyjen kokeilujen johdosta voidaan esittää hyväksi havaittuja rakenneratkaisuja räystään toteuttamiseksi.

##### 4.5.1 Räystäspukki

Pukki tehdään puurakenteisena, ja mitoitus määräytyy käytettävien villakerrosten paksuuden sekä halutun räystään ulkoneman mukaan. Pukin korkeus tulee olla hieman alle villakerroksen paksuuden. Alapuun tulee ulottua pellin harjalta harjalle ja tarvittaessa hieman lisätään pituutta, jotta ruuvausohjeen mukaiset vähimmäisetäisyydet saavutetaan. Tarvittaessa alapuuta voidaan leventää käyttämällä esimerkiksi 123 mm tai 148 mm leveää lankkua. Tällöin voidaan ruuvimäärää lisätä. Pukin etupuolelle jätetään tila lämmöneristeelle. Pukin ylä- ja alapuun väliin jäävä tila täytetään lämmöneristeellä. Pukkiin kiinnitetään ennen asennusta villa-kaistat seinän läpimenon kohdalle. Pukkien väli tulisi olla k/k648 mm, 948 mm tai

1248 mm. Näin esimerkiksi k 648 mm pukkien väliin jäävään tilaan sopii suoraan 600 mm leveä villalevy jne. Tarkka mitoitus nopeuttaa työtä ja vähentää materiaalihukkaa sekä syntyvää jätettä. Pukin yläpuun ulkoreunaan asennetaan korokkeeksi 25 mm puusoiro.

#### **4.5.2 Seinäläpivienti**

Seinäpaneeliin leikataan räystäspukin läpimenon kohdalle lovi, jonka leveys on pukin leveys + 2x10 mm. Näin saadaan tilkevillalle sopiva tila. Myös alareunaan jätetään 10 mm tilkevara.

#### **4.5.3 Höyrynsulku**

Höyrynsulkukalvo asennetaan reuna-alueella kantavan poimulevyn päälle ennen räystäspukkien asentamista. Näin saadaan höyrynsulku jatkumaan yhtenäisenä koko rakenteen läpi. Höyrynsulku kiinnitetään peltilistalla seinäpaneeliin ja tiivistetään butyylimassalla. Höyrynsulkuun tehdään reunassa laskos, jolla varmistetaan riittävä liikevara. Räystäspukkien takapuolella höyrynsulkukalvo nostetaan alimmaisesta villakerroksen päälle. Reunaan asennettavan höyrynsulkukalvon leveys saisi olla niin leveä, että helma voidaan kääntää räystään päälle sääsuojaksi tarvittaessa.

#### **4.5.4 Lämmöneristys**

Alimmainen villakerros asennetaan siten, että se ulottuu räystäspukkien takapuolelle seuraavan poimulevyn harjalle saakka. Tähän harjalle leikataan sauma, jossa höyrynsulku siirretään villakerroksen päälle. Alimmainen villakerros asennetaan poimulevyjen poimun suuntaa vasten kohtisuoraan. Välikerroksen lämmöneriste leikataan pukkien väliin ja päätetään pukkien takareunan tasalle. Lämmöneristelevyt asennetaan tästä eteenpäin räystään suuntaisesti. Näin vältetään eristekerros-

ten saumojen osuminen kohdakkain. Seinäpaneelin ja välikerroksen eristeen väliin asennetaan kaista rullavillaa. Pintakerros lämmöneristettä asennetaan osittain seinäpaneelin päälle. Lämmöneristeen tuuletusurat asennetaan jatkuvina harjalle saakka.

#### **4.5.5 Vedeneristys ja kiinnitys**

Vedeneristys on normaali kumibitumikermieristys. Tuotteita valittaessa on huomioitava kattokaltevuuden lisäksi, että aluskermin tulee kestää myös kiinnikkeiden aiheuttamat rasitukset. Käytännössä lämmöneristelevy alustalla tulee käyttää TL 2-luokan aluskermiä.

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehdyt käytännön työt osoittautuivat hyödyllisiksi. Kokeilujen avulla voitiin osoittaa, että hyvinkin edulliseksi optimoidusta rakenteesta voidaan saada tyydyttävästi toimiva ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Avainasemassa on huolellinen esisuunnittelu. Valitettavasti räystäsrakenteesta ei yleensä ole rakennesuunnitelmia tehty, joten toteutus jää vastaavan mestarin ja vedeneristysurakoitsijan suunniteltavaksi. Rakenteen onnistunut toteutus riippuu näiden henkilöiden ammattitaidosta. Tämän opinnäytetyön pohjalta on mahdollista laatia selkeä kirjallinen ohje työmaan vastaavalle työnjohtajalle, miten räystäsrakenne voidaan toteuttaa.

Rakenne voidaan menestyksellisesti tehdä myös muilla tavoilla.

## LÄHTEET

Toimivat katot. 2013. Helsinki: Kattoliitto ry.

RakMK D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö

RIL 107-2012. 2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

RIL 205-1-2007. 2007. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Sandwich panel. Ei päiväystä. SPA Tuoteseloste. [Verkkosivu]. Helsinki: Ruukki Construction Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen%20ratkaisut/sandwich-paneelit/Ruukki-sandwich-paneeli-SPA-tuoteseloste.ashx>

Kantava poimulevy T130M-75L-930. Ei päiväystä. Esite. [Verkkosivu]. Helsinki: Ruukki Construction Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: <http://www.ruukki.fi/Rakentaminen/Kantavat-poimulevyt/Kantava-poimulevy-T130M-75L-930>

Hardrock 37. Ei päiväystä. Tuotekortti. [Verkkosivu]. Helsinki: Rockwool Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: <http://www.rockwool.fi/tuotteet/u/2011.product/1899/kattoeristeet/hardrock-37>

URS 36. Ei päiväystä. Tuotekortti. [Verkkosivu]. Helsinki: Rockwool Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: <http://www.rockwool.fi/tuotteet/u/2011.product/1869/kattoeristeet/urs-36>

RT L-37344. 2007. PEL Höyrynsulku- ja tiivistyskalvo. Helsinki: Rakennustieto.

Wurth Oy. Ei päiväystä. Tuotekuvasto s10. [Verkkosivu]. Helsinki: Wurth Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: [http://www.wurth.fi/wurth\\_tuotekuvasto/15\\_Yleistarvikkeet/index.html#10/z](http://www.wurth.fi/wurth_tuotekuvasto/15_Yleistarvikkeet/index.html#10/z)

Icopal Oy. Ei päiväystä. Tuoteseloste. [Verkkosivu]. Helsinki: Icopal Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana: <http://www.icopal.fi/Tuotteet/Loivat%20katot/~media/IcopalFI/tuoteselosteet/PoilarHitsattavaTuoteseloste.ashx>

Icopal Oy. Ei päiväystä. Tuoteseloste. [Verkkosivu] Helsinki: Icopal Oy. [Viitattu 5.10.2015]. Saatavana:  
<http://www.icopal.fi/Tuotteet/Loivat%20katot/~media/IcopalFI/tuoteselosteet/PintaPolarHitsattavaTuoteseloste.ashx>.

SK-Tuote Oy. Ei päiväystä. SK-Fastening. Loivien kattojen kiinnikeet. [Verkkosivu]. Mustasaari: SK-Tuote Oy. [Viitattu 4.10.2015]. Saatavana:  
[http://www.vilpe.com/media/wysiwyg/Materials/FI\\_Catalog/Hinnasto\\_2015\\_Q4](http://www.vilpe.com/media/wysiwyg/Materials/FI_Catalog/Hinnasto_2015_Q4).